TNO Industrie en Techniek

Stieltjesweg 1
Postbus 155
2600 AD Delft

www.tno.nl

TNO-rapport

MON-RPT-2010-01330a

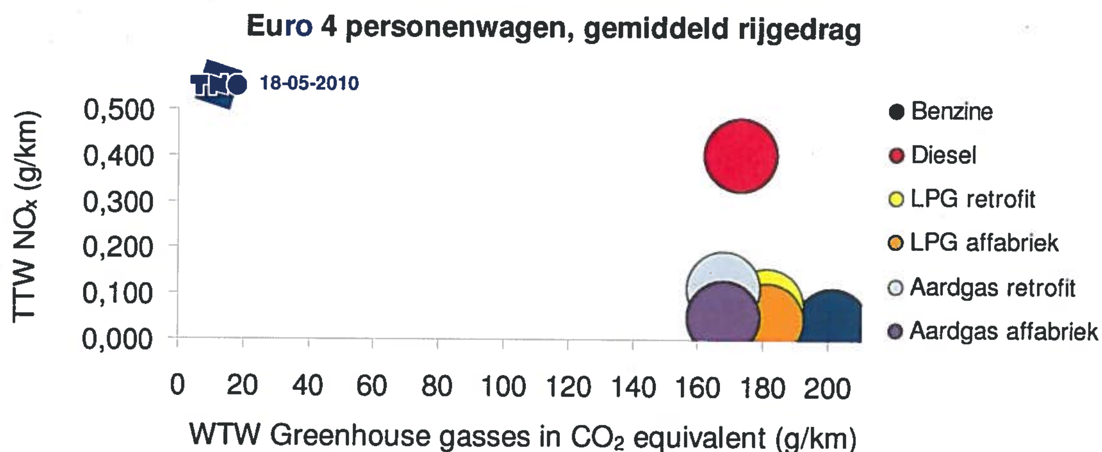
Emissieprestaties van jonge Nederlandse personenwagens met LPG en CNG installaties

Datum	21 mei 2010
Auteur(s)	
Opdrachtgever	Ministerie van VROM Directoraat-generaal Milieubeheer, DGM Postbus 30945 2500 GX DEN HAAG
Projectnummer	033.24195
Aantal pagina's	26 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2

Samenvatting

TNO heeft in opdracht van het Ministerie van VROM onderzoek uitgevoerd naar de emissieprestaties van jonge Nederlandse personenwagens met LPG en CNG installaties. Voor het onderzoek is een emissiemeetprogramma uitgevoerd met een voor de Nederlandse LPG en CNG vloot van jonge personenauto's representatieve voertuigselectie van 53 voertuigen. Hierbij zijn praktijkemissieprestaties gemeten, als ook de emissieprestaties van het voertuig ten opzichte van de typekeuring.

Uit het onderzoek blijkt dat de NO_x-emissie van jonge LPG- en CNG-personenwagens gemiddeld genomen iets hoger is dan die van benzinevoertuigen, en substantieel lager dan die van dieselvoertuigen. Verder is gebleken dat de NO_x-emissie van voertuigen met een retrofit gasinstallatie gemiddeld genomen hoger is dan die van voertuigen met een affabriek installatie. Hierbij wordt opgemerkt dat naar inschatting meer dan 95% van de LPG voertuigen een retrofit gasinstallatie heeft en meer van 90% van de CNG voertuigen een affabriek installatie heeft. Op het gebied van Well to Wheels CO_2-emissies presteren de LPG- en CNG-voertuigen beter dan benzinevoertuigen, en ongeveer vergelijkbaar met dieselvoertuigen. Dit is weergegeven in Figuur 1, waar de Well to Wheels broeikasgas- en Tank to Wheels NO_x-emissies van Euro-4 voertuigen zijn weergegeven tijdens gemiddeld gebruik, uitgaande van een gelijkwaardig voertuig met verschillende brandstofconcepten.



Figuur 1: Gemiddelde personenwagenemissies van broeikasgassen (Well to Wheels) en stikstofoxiden (Tank to Wheels), uitgaande van gelijkwaardige Euro-4 voertuigen met verschillende brandstofconcepten. De diameter van de bolletjes geeft een indicatie van de spreiding.

Analyse van de meetresultaten heeft geleid tot de volgende conclusies over emissieprestaties van LPG- en CNG-voertuigen:

- LPG- en CNG-voertuigen met een retrofit gasinstallatie hebben gemiddeld een hogere NO_x-emissie dan voertuigen met een affabriek gasinstallatie of benzinevoertuigen. Circa de helft van voertuigen met retrofit gasinstallatie voldoet niet aan de typekeuringsnorm voor NO_x-emissie. In de praktijk ligt de

NO_x-emissie van voertuigen met een retrofit gasinstallatie gemiddeld ook hoger dan de voor de typekeurcyclus vastgestelde emissielimiet.

- Ondanks dat voertuigen met retrofit gasinstallatie de NO_x-emissielimiet gemiddeld overschrijden, hebben moderne LPG- en CNG-voertuigen in de praktijk een 3 tot 8 maal lagere NO_x-emissie dan vergelijkbare dieselvoertuigen.

- In vergelijking met benzinevoertuigen ligt de NO_2-emissie van LPG- en CNG-voertuigen op een gelijk zeer laag niveau. De NO_2-emissie van LPG- en CNG-voertuigen is minimaal een factor 10 lager dan vergelijkbare dieselvoertuigen met een affabriek roetfilter.

- Door toepassing van affabriek roetfilters is bij dieselvoertuigen de uitstoot van fijn stof zeer effectief teruggebracht. De fijn stof emissie van moderne LPG- en CNG-voertuigen is hierdoor op hetzelfde of soms zelfs op een hoger niveau komen te liggen dan die van dieselvoertuigen met affabriek roetfilter.

- LPG- en CNG-voertuigen hebben ten opzichte van benzinevoertuigen een gunstig effect op de emissie van broeikasgassen. De Tank to Wheels broeikasgasemissies zijn respectievelijk ca. 9% en 17% lager.

De onderzoeksresultaten en de hiermee verkregen inzichten leiden tot de volgende aanbevelingen:

- Er wordt aanbevolen te onderzoeken welk deel van de testvoertuigen met een retrofit systeem een toelating volgens ECE-R.115 heeft[1]. Wanneer blijkt dat een meerderheid van de hoog emitterende voertuigen geen ECE-R.115 typegoedkeuring heeft, wordt aanbevolen om in de toekomst alleen voertuigen toe te laten / te stimuleren welke voldoen aan de ECE-R.115 typegoedkeuring.

- Er wordt aanbevolen in de toekomst de emissies van voertuigen met een retrofit gassysteem te blijven controleren. Het is mogelijk dat dit al sterk verbetert doordat steeds meer voertuigen volgens het ECE-R115 regime worden toegelaten[2].

[1] Er is door de RDW getracht te achterhalen welke voertuigen een toelating hebben volgens ECE-R.115, maar de G3-typekeurdossiers konden hier niet voldoende duidelijkheid over verschaffen.
[2] Er is nu geen ECE-R.115 toelatingseis

Inhoudsopgave

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het wegverkeer, waaronder het personenwagenverkeer, levert een significante bijdrage aan de emissies van luchtverontreinigende stoffen. Deze emissies leiden lokaal tot overschrijding van de Europese normen voor de luchtkwaliteit. Concreet zijn er steeds meer aanwijzingen dat blootstelling aan met name de uitstoot van wegverkeer kan leiden tot aanzienlijke gezondheidsproblemen. Daarnaast levert het verkeer een belangrijke bijdrage aan de uitstoot van enkele vervuilende stoffen waarvoor Europese emissieplafonds gelden.

Naast de luchtvervuilende emissies is de laatste jaren de aandacht voor de uitstoot van broeikasgassen (met name CO_2) sterk toegenomen. Hoewel blootstelling aan deze broeikasgassen niet direct schadelijk is voor de gezondheid, vormen deze gassen zeker op de lange termijn een groot probleem voor het klimaat.

Om deze effecten te verminderen worden sinds jaren normen gesteld voor de nationale uitstoot van de betrokken stoffen en voor de concentraties van enkele stoffen in de buitenlucht. Ook is wetgeving voor de uitstoot van schadelijke emissies en CO_2 van personenwagens ontwikkeld en geïmplementeerd. Door het stellen van steeds lagere internationale emissielimieten voor schadelijke emissies, en het (inter)nationaal stimuleren / afdwingen van een lage CO_2-uitstoot van voertuigen, zijn de emissies van het personenvoertuigenpark over de jaren gedaald. De daling van schadelijke emissies en broeikasgasemissies tijdens de typegoedkeuring is echter niet recht evenredig met de daling van praktijkemissies, [o.a. 1, 2 en 3].

Voor het behoud van een gedegen kennis van praktijkemissies van het Nederlandse wagenpark, worden jaarlijks de emissies van een selectie van voertuigen uit dit wagenpark gemeten. Tijdens jaarlijkse (praktijk)emissiemetingen door TNO, in opdracht van het Ministerie van VROM, wordt inzicht verkregen in de emissieprestaties van het Nederlandse wagenpark. In het verleden is ook een aantal metingen aan personenwagens met LPG en CNG als brandstof verricht. Van de categorie jonge (Euro-4 en Euro-5) personenwagens met LPG en CNG (retrofit) installaties is echter nog nauwelijks iets bekend over de (praktijk)emissieprestaties. Op basis van de meest actuele gegevens en inzichten worden jaarlijks door TNO zogenaamde emissiefactoren opgeleverd, en wordt een solide basis gelegd voor de Nederlandse overheid voor het voeren van beleid rondom (praktijk)emissies van personenvoertuigen.

1.2 Doelstelling

Doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de emissieprestaties van de jonge (Euro-4 en Euro-5) Nederlandse personenwagenvloot met LPG en CNG (Compressed Natural Gas of aardgas) installaties, om een fundament te vormen voor beleid voor deze categorie voertuigen. Hierbij is van groot belang hoe de emissieprestaties van deze categorie voertuigen zich verhouden tot de prestaties vergelijkbare benzine- en dieselauto's (met affabriek roetfilter). Bij deze vergelijking gaat het voornamelijk om de uitstoot van de vervuilende stoffen NO_X, NO_2 en fijn stof en om de uitstoot van de broeikasgassen CO_2 en CH_4.

Een belangrijk onderdeel van het te verkrijgen inzicht in de emissieprestaties is het actualiseren van het overzicht van emissiefactoren op basis van de geactualiseerde gegevens van personenvoertuigen met LPG en CNG installaties. Het geactualiseerde overzicht van emissiefactoren wordt los van deze rapportage opgeleverd.

Om inzicht te verkrijgen in de emissieprestaties van de betreffende categorie voertuigen is een meetprogramma uitgevoerd met een voor de Nederlandse LPG en CNG vloot van jonge personenauto's representatieve voertuigselectie. Hierbij zijn praktijkemissieprestaties gemeten, als ook de emissieprestaties van het voertuig ten opzicht van de typekeuring.

Voor het onderzoek wordt een onderscheid gemaakt tussen de emissieprestaties van auto's met een affabriek (OEM) gasinstallatie en auto's met een retrofit gasinstallatie, mede omdat in het verleden de prestaties nogal uiteen konden lopen.

1.3 Structuur van het rapport

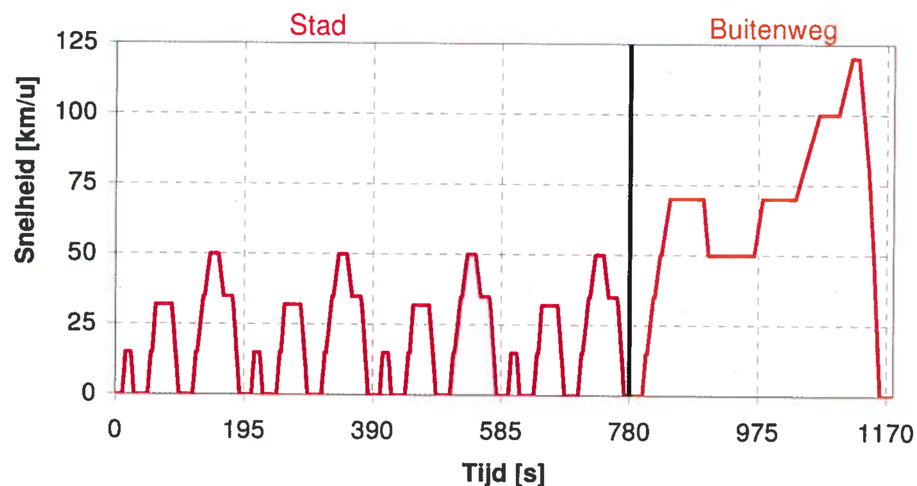
Dit rapport zal allereerst de gehanteerde onderzoeksmethode bespreken, hierbij wordt ook achtergrond informatie verschaft over o.a. de verschillende typen gassystemen. Hierna zullen de verkregen onderzoeksresultaten worden geanalyseerd. Op basis van de belangrijkste onderzoeksresultaten volgt een discussie over impact op de onderzoeksvraag, de vergelijking van de resultaten met ander onderzoek en de beleidsmatige consequenties van het onderzoek. Na deze discussie volgen de onderzoeksconclusies en aanbevelingen.

2 Emissiemeetprogramma aan personenwagens met LPG en CNG als brandstof

2.1 De Rollenbankmeetmethode voor het meten van emissieprestaties

De emissieprestaties van nieuwe voertuigen worden o.a. in Europa vastgelegd tijdens de typekeuring. Voor personenwagens houdt dit in dat een emissietest in een rollenbanklaboratorium wordt uitgevoerd volgens Europese Richtlijn 70/220/EEG [4] of volgens Europees Reglement ECE-R.83 [5].

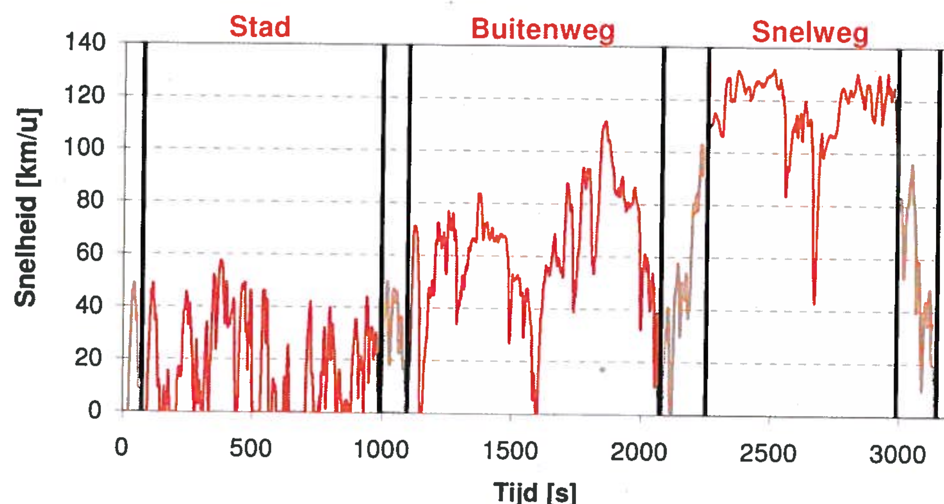
Tijdens deze emissietest rijdt het voertuig een vastgelegde cyclus op de rollenbank, zie Figuur 2. De rit begint met een koude start en een stadsrit, gevolgd door een buitenwegrit. De rollenbank simuleert hierbij het voertuiggewicht en de voertuigweerstand op de weg. Tijdens de rit worden de emissiecomponenten CO, CO_2, HC, (PM_{10} voor dieselvoertuigen) en NO_x gemeten en worden de ritgemiddelden hiervan bepaald. Verder wordt op basis van de gemeten emissies het brandstofverbruik van het voertuig berekend.



Figuur 2: de Europese ritcyclus voor emissie typekeuring

Voor dit onderzoek zijn met geselecteerde testvoertuigen de emissieprestaties tijdens de typekeurcyclus gemeten, om te bepalen of de in gebruik zijnde voertuigen met gasvormige brandstof voldoen aan de voor het voertuig geldende limieten. Ook zijn de praktijkemissieprestaties van de voertuigen gemeten tijdens gasbedrijf met een alternatieve, meer dynamische ritcyclus, namelijk de CADC ritcyclus. Deze ritcyclus is op Europees niveau algemeen geaccepteerd al representatief voor gemiddeld Europees praktijkgebruik van personenwagens, zie Figuur 3. Bovendien worden de emissietestgegevens van deze test gebruikt voor het afleiden van de emissiefactoren.

Tijdens de testen zijn de emissieprestaties van de voertuigen bepaald ten aanzien van de emissiecomponenten CO, CO_2, HC, PM_{10} (fijn stof), NO_x, NO_2 en CH_4.



Figuur 3: CADC ritcyclus, representatief voor gemiddeld Europees praktijkgebruik van personenwagens

Bij een flink aantal voertuigen is ook een typekeurtest op benzine uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in eventuele verschillen in emissieprestaties tussen gasvormige brandstof en benzine.

2.2 De selectie van testvoertuigen

LPG en CNG installaties kunnen zowel direct bij de productie van een voertuig door de fabrikant worden ingebouwd (affabriek gasinstallatie) als ook naderhand door een inbouwstation van gasinstallaties (retrofit gasinstallatie). Uit in het verleden uitgevoerde metingen blijkt dat de milieuprestaties van personenvoertuigen met naderhand ingebouwde LPG- of CNG installatie uiteen kunnen lopen. Voor het onderzoek wordt dan ook een onderscheid gemaakt tussen de emissieprestaties van auto's met een affabriek (OEM) gasinstallatie en auto's met een retrofit gasinstallatie.

Grofweg de meeste voertuigen met een gasinstallatie zijn in staat om op zowel gasvormige brandstof als benzine te rijden. Deze variant is verreweg (waarschijnlijk >95%[3]) de meest voorkomende bij retrofit LPG en CNG installaties. Dit type gasinstallatie wordt ook wel een "BiFuel" gasinstallatie genoemd.

Zowel bij affabriek als bij retrofit gasinstallaties zijn er personenvoertuigen die bedoeld zijn om alleen op gasvormige brandstof te rijden. Deze variant komt vooral voor bij voertuigen met een affabriek CNG installatie. Deze voertuigen hebben wel een kleine benzinetank, maar zijn primair bedoeld voor het rijden op gasvormige brandstof, waarbij het aanwezige benzinesysteem functioneert als een "limp-home" voorziening. Dit type gasinstallatie wordt ook wel een "dedicated" gasinstallatie genoemd.

Voor het onderzoek zijn de emissieprestatie van 53 voertuigen geanalyseerd. De voertuigen zijn verdeeld over vijf categorieën, zoals weergegeven in Tabel 1.

[3] Op basis van expert-schatting, exacte data onbekend.

Om het onderscheid tussen affabriek en retrofit systemen en tussen dedicated en BiFuel systemen te kunnen maken, is voor dit onderzoek uitgegaan van de motortypeaanduiding van het voertuig in de KBA registers [6]. In deze registers zijn de kerngegevens van alle Europese wegvoertuigtypekeuringen opgenomen.

Tabel 1: verdeling van testvoertuigen over verschillende categorieën

type systeem	Aantal voertuigen	Euroklassen	Bouwjaren
OEM BiFuel CNG	10	3, 4, 5	2002 - 2009
OEM dedicated CNG	7	4	2007 - 2008
Retrofit (BiFuel) CNG	11	2, 4	1998 - 2009
OEM BiFuel LPG	2	4	2009 - 2010
Retrofit (BiFuel) LPG	23	4	2007 - 2009

Van iedere categorie is, na afstemming met het Ministerie van VROM, een aantal voertuigen geselecteerd, zie bijlage A voor een overzicht van alle testvoertuigen. De selectie per brandstoftype is gebaseerd op representativiteit in de Nederlandse vloot (en voor CNG voertuigen ook op basis van beschikbaarheid van voertuigen). De focus van het onderzoek lag op jonge (< 2007 of later) voertuigen met een kilometerstand die onder of rond de 100.000 kilometer ligt. Hierop zijn slechts enkele uitzonderingen gemaakt bij de CNG voertuigen i.v.m. beschikbaarheid van testvoertuigen. Verder wordt opgemerkt dat er alleen voor CNG enkele Euro-5 voertuigen beschikbaar waren en dat Euro-5 voertuigen met een gasinstallatie nog op zeer beperkte schaal voorkomen in de Nederlandse vloot.

Bij de representativiteit van de testvoertuigen voor de Nederlandse vloot met LPG of CNG installaties is rekening gehouden met de representativiteit voor wat betreft:

- voertuigmerk;
- motorcode;
- slagvolume van de motor;
- motorvermogen;
- gasinstallatieleveranciers.

De hiervoor benodigde gegevens zijn verkregen uit de voertuigdatabase van de RDW.

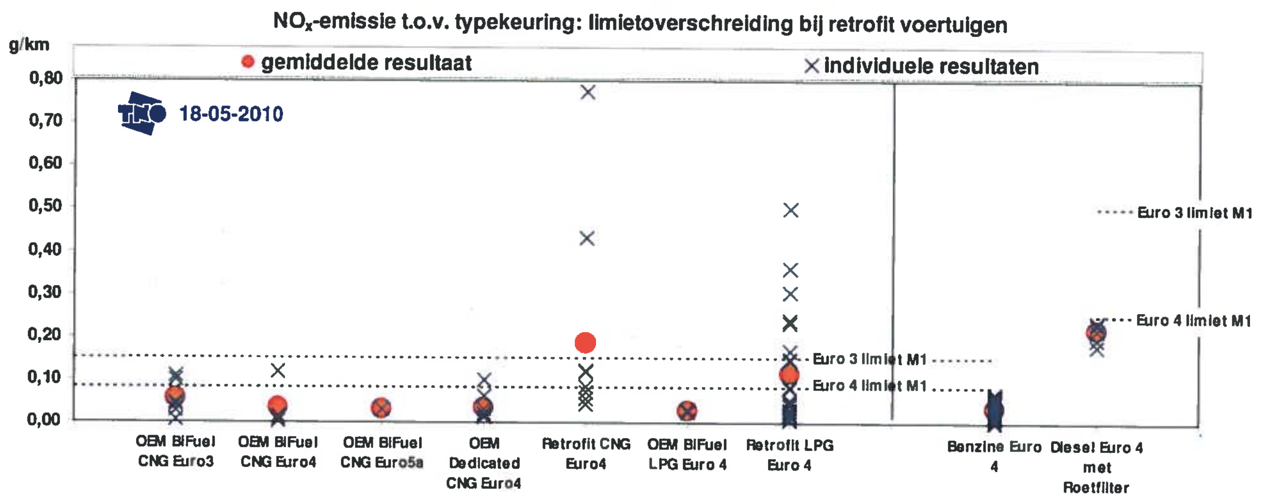
3 Emissieprestaties van de testvoertuigen

3.1 Emissieprestaties betreffende schadelijke emissiecomponenten

De emissieprestaties van de testvoertuigen zijn vastgesteld over de typekeurcyclus met koude start en een praktijkcyclus met warme start. De emissieprestaties van de testvoertuigen ten aanzien van de schadelijke componenten NO_x, NO_2 en PM_{10} zullen worden weergegeven in deze paragraaf. Ter vergelijking worden ook beschikbare emissieprestaties van benzine- en dieselvoertuigen met affabriek roetfilter van Euro-4 emissieniveau weergegeven.

3.1.1 Prestaties ten aanzien van NO_x-emissie en NO_2-emissie

Figuur 4 laat de NO_x-emissie over de typekeurcyclus zien ten opzichte van de limietwaarden voor Euro-3 en Euro-4 personenwagens (voertuigen van de voertuigcategorie M1 volgens de Richtlijn [4]).



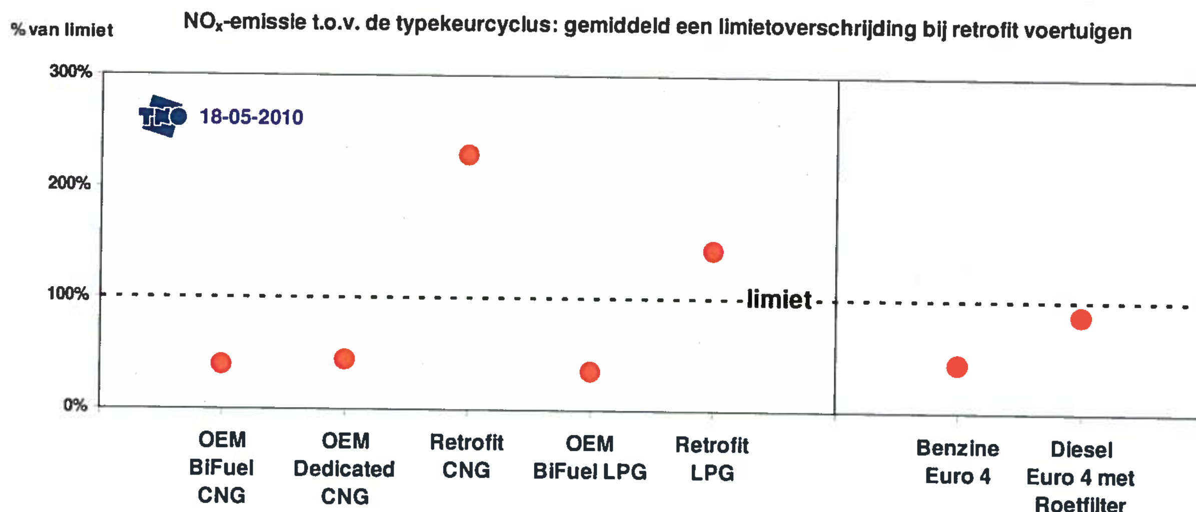
Figuur 4: NO_x-emissie tijdens de typekeurcyclus in vergelijking met Euro-4 benzine- en dieselvoertuigen met affabriek roetfilter

Ten aanzien van het voldoen aan de typekeuringseisen voor NO_x-emissies kan over LPG- en CNG- voertuigen het volgende geconcludeerd worden:

- OEM LPG- en CNG-voertuigen voldoen gemiddeld ruimschoots aan de limietwaarden en zijn vergelijkbaar met benzinevoertuigen.
- Circa de helft van de voertuigen met retrofit installatie, zowel voor CNG als voor LPG, voldoet niet aan de Europese typekeuringsnorm. Voertuigen met retrofit CNG- en LPG-systemen overschrijden de limiet gemiddeld met resp. 150% en 40%. Dit is ook te zien in Figuur 5 waarin de gemiddelde emissieprestaties over de typekeurcyclus zijn weergegeven per voertuigklasse, genormaliseerd als percentage van de voor het voertuig geldende limiet.

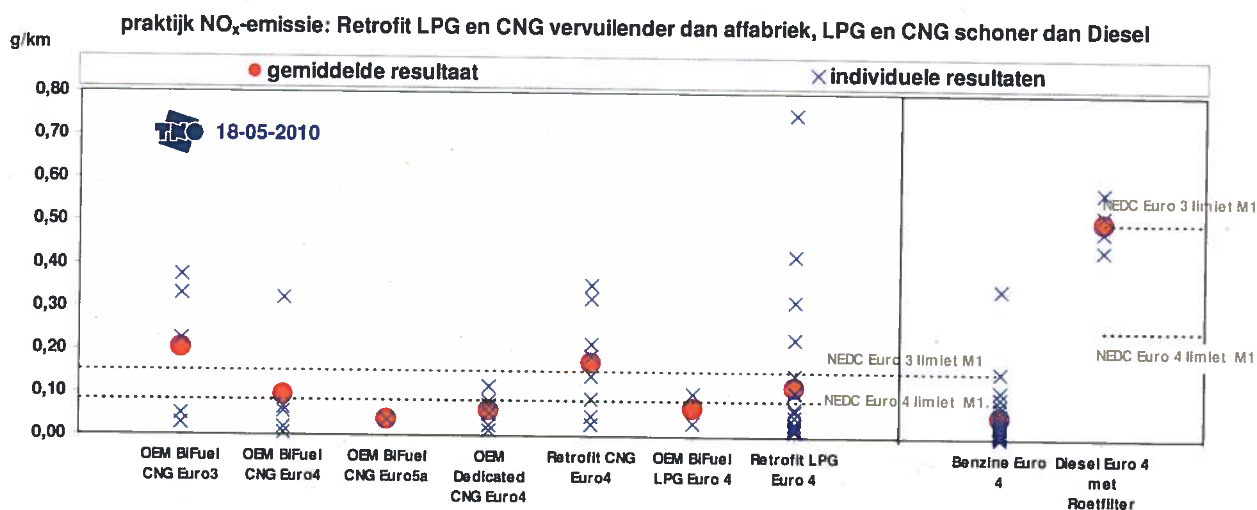
- Ondanks dat voertuigen met retrofit LPG en CNG systemen de NO_x-limietwaarde gemiddeld overschrijden, hebben ze op basis van de typekeurcyclus nog wel een lagere NO_x-emissie dan Euro-4 dieselauto's.

Figuur 4 en Figuur 5 laten verder zien dat alle eerder geteste benzine– en dieselvoertuigen met roetfilter aan de Euro-4 norm voor NO_x voldoen. De Euro-4 NO_x-limiet voor diesel is echter wel veel hoger dan de Euro-4 NO_x-limiet voor benzine (en LPG en CNG).



Figuur 5: gemiddelde NO_x-emissie t.o.v. de voor de typekeurtest van de voertuigen geldende limiet

Figuur 6 laat de emissieprestaties zien over de praktijkcyclus.



Figuur 6: praktijk NO_x-emissie (tijdens de CADC testcyclus) in vergelijking met Euro-4 benzine- en dieselvoertuigen met affabriek roetfilter

De volgende punten betreffende de NO_x-praktijkemissies van LPG en CNG voertuigen komen uit de resultaten naar voren:

In vergelijking met benzinevoertuigen:

- is de NO_x-emissie van OEM LPG- en CNG-voertuigen in de praktijk gemiddeld van gelijk niveau;
- scoren retrofit CNG- en LPG-voertuigen gemiddeld respectievelijk 2 tot 3 keer slechter.
- In vergelijking met Euro-4 dieselvoertuigen zijn de NO_x-praktijkemissies van LPG- en CNG-voertuigen gemiddeld een factor 3 tot 8 lager.
- Bij retrofit voertuigen is het verschil in de NO_x-uitstoot met diesel in de praktijk groter dan over de typekeurcyclus. Dit komt doordat de NO_x-uitstoot van dieselvoertuigen in de praktijk fors hoger is dan tijdens de typekeurcyclus, terwijl dit bij retrofit voertuigen niet of nauwelijks het geval is.

De figuur laat verder zien dat NO_x-emissie van een klein deel van de benzinevoertuigen en alle geteste dieselvoertuigen tijdens de praktijkcyclus hoger zijn dan de voor de Europese typekeurcyclus (NEDC) geldende limiet.

De gemiddelde NO_x-emissieprestaties per systeemvariant zijn weergegeven in Tabel 2.

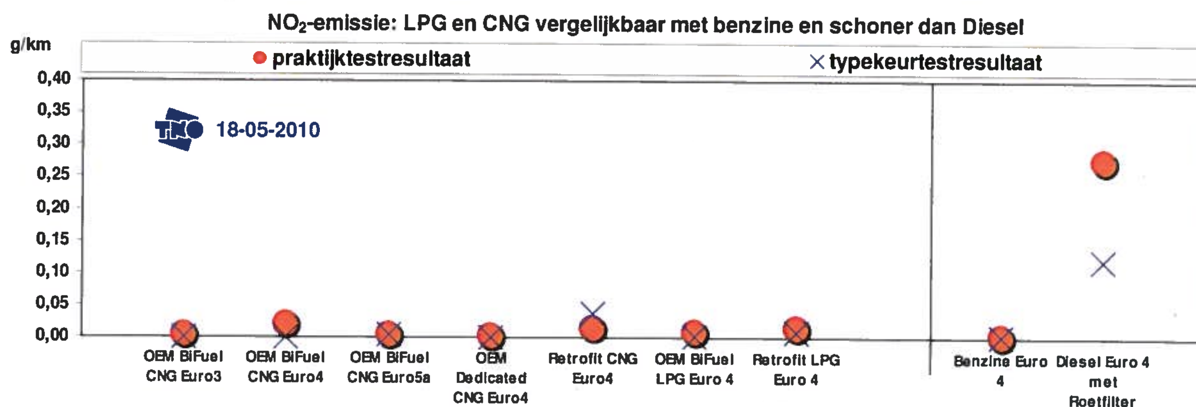
Tabel 2: gemiddelde NO_x-emissie tijdens de typekeurtest en in de praktijk

Systeemvariant	Gemiddelde praktijk NO_x-emissie CADC [g/km]	Gemiddelde typekeurcyclus NO_x-emissie MVEG [g/km]
OEM BiFuel CNG Euro-3	0.201	0.055
OEM BiFuel CNG Euro-4	0.093	0.033
OEM BiFuel CNG Euro-5	0.038	0.030
OEM dedicated CNG Euro-4	0.061	0.035
Retrofit (BiFuel) CNG Euro-4	0.172	0.187
OEM BiFuel LPG Euro-4	0.067	0.028
Retrofit (BiFuel) LPG Euro-4	0.116	0.115
benzine Euro-4	0.051	0.034
diesel Euro-4	0.503	0.217

De tabel laat zien dat de gemiddelde NO_x-emissies tijdens de praktijkcyclus over het algemeen hoger zijn dan tijdens de typekeurcyclus. Dit is waarschijnlijk toe te schrijven aan het relatief weinig dynamische karakter van de typekeurcyclus, op basis waarvan de systemen goedgekeurd worden, ten opzichte van de praktijk(cyclus).

Als Euro-4 OEM en retrofit voertuigen vergeleken worden dan valt voor LPG en CNG-voertuigen op dat OEM voertuigen in praktijk een factor 2 à 3 schoner zijn dan retrofit. Tijdens de typekeurcyclus is dit verschil gemiddeld een factor 4 à 5.

Figuur 7 geeft de emissieprestaties voor de schadelijke NO_2-fractie van NO_x weer.



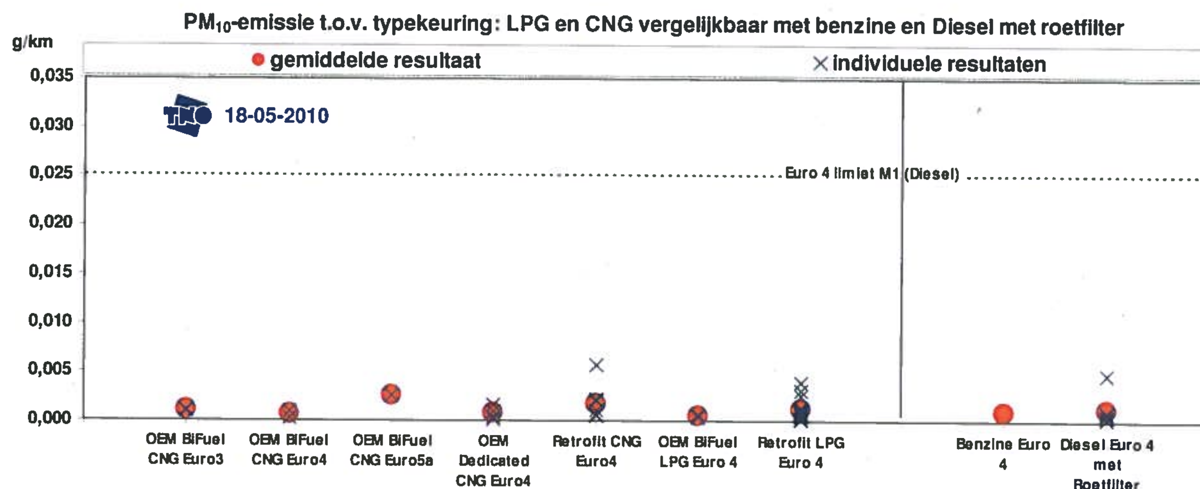
Figuur 7: NO_2-emissie in de praktijk en tijdens de typekeurtest

De volgende punten betreffende de NO_2-emissies van LPG en CNG voertuigen komen uit de resultaten naar voren:

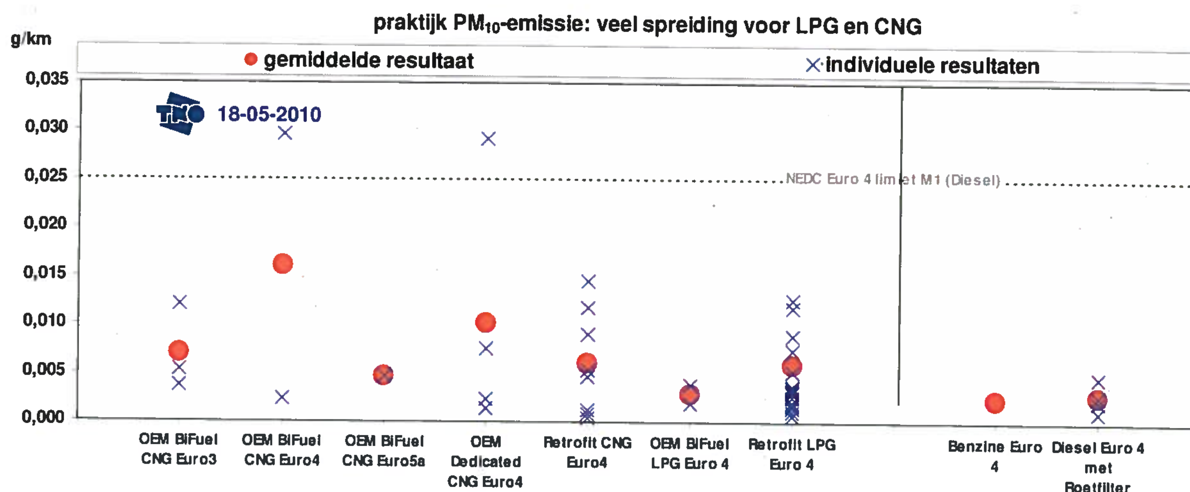
- In vergelijking met benzinevoertuigen liggen NO_2-emissies voor alle voertuigen op een gelijk zeer laag niveau.
- In vergelijking met Euro-4 dieselvoertuigen met affabriek roetfilter is de NO_2-emissie van LPG-, CNG- en benzinevoertuigen minimaal een factor 10 lager.

3.1.2 *Prestaties ten aanzien van fijn stof*

De emissieprestaties ten aanzien van fijn stof (PM_{10}) door de testvoertuigen zijn weergegeven in de onderstaande figuren. Figuur 8 laat de emissieprestaties zien over de typekeurcyclus, Figuur 9 de prestaties over de praktijkcyclus.



Figuur 8: PM_{10}-emissie tijdens de typekeurtest in vergelijking met Euro-4 benzine- en dieselvoertuigen met roetfilter



Figuur 9: praktijk PM_{10}-emissie (CADC-cyclus) in vergelijking met Euro-4 benzine- en dieselvoertuigen met roetfilter

Uit de resultaten komen de volgende punten naar voren:

- de gemiddelde PM_{10}-emissie van alle voertuigklassen ligt ruim onder de limiet voor dieselvoertuigen, zowel in de praktijkcyclus als in de typekeurcyclus;
- De PM_{10}-emissies nemen in de praktijk gemiddeld toe ten opzichte van de typekeurtest;
- Tijdens de typekeurtest liggen de PM_{10}-emissies van alle voertuigklassen ongeveer op een gelijk, laag niveau;
- Tijdens de praktijktest liggen de PM_{10}-emissies van LPG en CNG voertuigen soms hoger dan die van dieselvoertuigen met affabriek roetfilter. Voor de voertuigen met een hoge PM_{10}-emissie is nagegaan wat hiervan de oorzaak zou kunnen zijn. Er is er geen indicatie dat de hoge emissie wordt veroorzaakt door een hoog olieverbruik. Ook andere mogelijke redenen konden niet worden gevonden.

De gemiddelde PM_{10}-emissieprestaties per systeemvariant zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3: gemiddelde PM_{10}-emissie tijdens de typekeurtest en in de praktijk

Systeemvariant	Gemiddelde praktijk PM_{10}-emissie CADC [g/km]	Gemiddelde typekeurcyclus PM_{10}-emissie MVEG [g/km]
OEM BiFuel CNG Euro-3	0,0070	0,0011
OEM BiFuel CNG Euro-4	0,0160	0,0006
OEM BiFuel CNG Euro-5	0,0046	0,0026
OEM dedicated CNG Euro-4	0,0101	0,0008
Retrofit (BiFuel) CNG Euro-4	0,0060	0,0018
OEM BiFuel LPG Euro-4	0,0029	0,0006
Retrofit (BiFuel) LPG Euro-4	0,0060	0,0012
Benzine Euro-4	0,0024	0,0010
diesel Euro-4	0,0027	0,0013

Waarschijnlijk nemen, net als voor NO_x, de PM_{10}-emissies in de praktijk toe vanwege het meer dynamische karakter van de praktijktest ten opzichte van de typekeurtest. Bij diesel is er echter in mindere mate sprake van dat de PM_{10}-emissies toenemen. Dit in tegenstelling tot de NO_x-uitstoot van dieselvoertuigen, waarbij dit wel duidelijk het geval is. Dit laat zien dat affabriek roetfilter bij dieselvoertuigen in staat zijn om de uitstoot van fijn stof tot een zeer laag niveau terug te brengen, zowel tijdens de typekeurcyclus als in de praktijk.

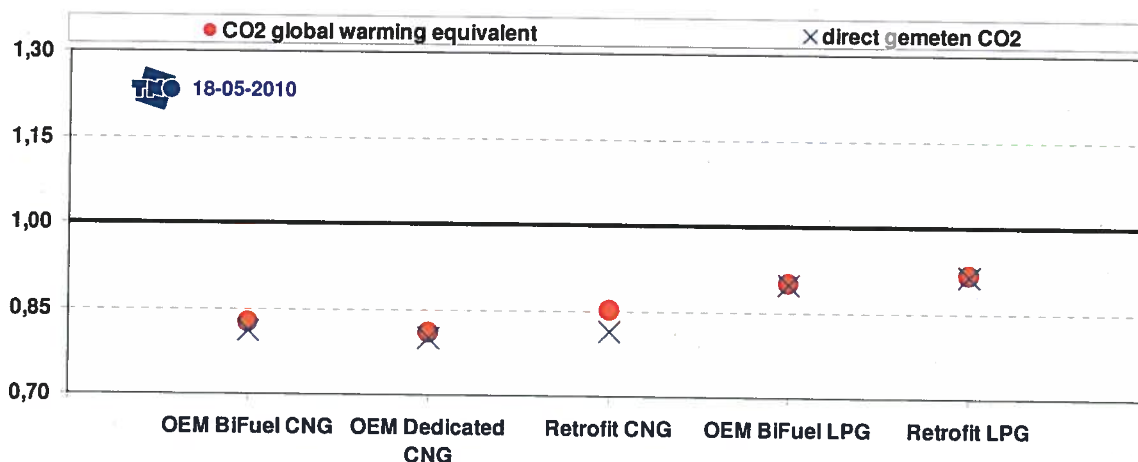
3.2 Emissieprestaties betreffende broeikasgassen

Om inzicht te verkrijgen in de Tank to Wheels CO_2-emissieprestatieverschillen als het gevolg van het rijden op gasvormige brandstof ten opzichte van benzine, zijn met een aantal voertuigen emissietesten uitgevoerd met beide brandstoftypen. De resultaten voor de voertuigen waarmee deze testen zijn uitgevoerd zijn weergegeven in Figuur 10. In deze figuur wordt de aan de voertuigen gemeten CO_2-emissie met de gasvormige brandstof per voertuigcategorie uitgedrukt als fractie van CO_2-emissie met benzine als brandstof.

De broeikasgassen die vrijkomen, namelijk koolstofdioxide (CO_2), methaan (CH_4) en lachgas (N_2O), zijn tevens omgerekend naar CO_2-equivalenten met behulp van de door IPCC gebruikte Global Warming Potential cijfers [7]. Hiervoor zijn ten aanzien van N_2O emissies aannames gedaan voor de betreffende brandstoffen op basis van emissiefactoren [8]. Ook de resultaten voor deze berekening van de totale broeikasgassenemissie als CO_2 equivalenten is weergegeven in Figuur 10.

Er wordt opgemerkt dat er geen correctie is toegepast voor het voertuiggewichtsverschil tussen voertuigen met en zonder een gasinstallatie. Het gemiddelde effect hiervan op emissie van broeikasgassen is naar verwachting zeer klein (<1%).

gunstig effect van gasvormige brandstof op de emissie van broeikasgassen t.o.v. benzine



Figuur 10: CO_2-emissie met gasvormige brandstof per voertuigcategorie, uitgedrukt als fractie van de CO_2-emissie met benzine als brandstof

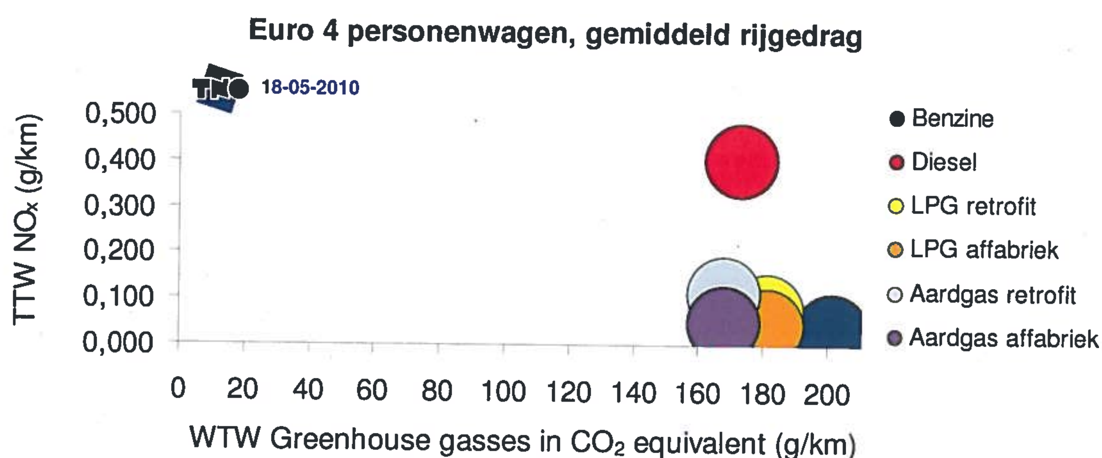
Uit de resultaten komt naar voren dat, uitgaande een gelijk voertuigtype met verschillende brandstofvarianten:

- de Tank to Wheels emissie van broeikasgassen door CNG-voertuigen is gemiddeld ca. 17% lager die van benzinevoertuigen;
- de Tank to Wheels emissie van broeikasgassen door LPG-voertuigen is gemiddeld ca. 9% lager die van benzinevoertuigen.

4 Discussie

4.1 Schadelijke emissies en broeikasgasemissies met verschillende brandstoffen

Uit de resultaten blijkt dat de NO_x-emissie van jonge LPG- en CNG-personenwagens in de praktijk gemiddeld genomen iets hoger is dan die van benzinevoertuigen, en substantieel lager dan die van dieselvoertuigen. Verder is gebleken dat de NO_x-emissie van voertuigen met een retrofit gasinstallatie gemiddeld genomen hoger is dan die van voertuigen met een affabriek installatie. Hierbij wordt opgemerkt dat naar inschatting meer van 95% van de LPG voertuigen een retrofit gasinstallatie heeft en meer van 90% van de CNG voertuigen een affabriek installatie heeft. Op het gebied van Well to Wheels CO_2-emissies presteren de LPG- en CNG-voertuigen beter dan benzinevoertuigen, en ongeveer vergelijkbaar met dieselvoertuigen. Dit is weergegeven in Figuur 11, waar de Well to Wheels broeikasgas- en Tank to Wheels NO_x-emissies van Euro-4 voertuigen zijn weergegeven tijdens gemiddeld voertuiggebruik, uitgaande van een gelijkwaardig voertuig met verschillende brandstofconcepten.



Figuur 11: Gemiddelde personenwagenemissies van broeikasgassen (Well to Wheels) en stikstofoxiden (Tank to Wheels), uitgaande van gelijkwaardige Euro-4 voertuigen met verschillende brandstofconcepten. De diameter van de bolletjes geeft een indicatie van de spreiding.

4.2 Implicaties van resultatenanalyse

Het huidige overheidsbeleid is er op gericht om LPG- en CNG-voertuigen te stimuleren. Dit heeft gemiddeld genomen een gunstig effect op luchtkwaliteit t.o.v. dieselvoertuigen. Daarnaast zijn de Well to Wheels emissies van broeikasgassen lager t.o.v. benzinevoertuigen. Echter tijdens het onderzoek is gebleken dat 30 tot 60% van de retrofit voertuigen de NO_x-emissielimiet overschrijdt tijdens de typekeur- en praktijkcyclus. Ten opzichte van dieselvoertuigen zijn de praktijk NO_x-emissies van LPG- en CNG-voertuigen gemiddeld echter een factor 3 tot 8 lager.

Om emissies van schadelijke stoffen door voertuigen met een retrofit gassysteem te verlagen, zou het nuttig kunnen zijn om te eisen dat alle ingebouwde systemen ten minste voldoen aan de (emissie)eisen van Europees Reglement ECE-R.115 [9]. Door het eventueel stimuleren of alleen toelaten van ECE-R.115 gekeurde gassystemen is de verwachting dat emissie van schadelijke stoffen verder zal worden beperkt, met behoud van het voordeel op broeikasgasemissies van gassystemen.

Op dit moment kunnen ook bij nieuwe voertuigen nog LPG- en CNG-systemen worden ingebouwd die slechts voldoen aan sterk verouderde emissie-eisen, getest op een sterk verouderd voertuig dat in het geheel geen relatie meer heeft met het nieuwe voertuig. Een voorbeeld daarvan zijn de eisen van de G3-stimuleringsregeling. Deze hoeven formeel alleen te voldoen aan de emissie-eisen van ca. 10 jaar geleden (Euro-2 min 30%), getest op een voertuig van ca. 10 jaar geleden. Gelukkig is een (groot) deel van deze voertuigen gekeurd volgens ECE-R.115, waardoor ze voldoen aan de actuele Euro normering (met een redelijk goede familiedefinitie).

Helaas is er geen goed overzicht van het percentage van de voertuigen met retrofit systeem dat voldoet aan de eisen van ECE-R.115. De G3-typekeurdossiers van de testvoertuigen zijn door de RDW handmatig nagekeken. Hieruit is naar voren gekomen dat bij geen van de testvoertuigen een G3-certificaat is afgegeven op basis van een ECE-R.115 goedkeuring. Het kan echter wel zo zijn dat de emissietesten die zijn gebruikt voor het behalen van een goedkeuring volgens ECE-R.115, ook zijn gebruikt bij de aanvraag van het G3 goedkeuring. Het verdient aanbeveling om na te gaan of deze gegevens te achterhalen zijn, zodat duidelijk kan worden welk aandeel van de voertuigen in de steekproef voldoet aan de emissie-eisen volgens ECE-R.115. De dossiers van de RDW bevatten hiervoor niet voldoende informatie.

Zie bijlage B voor meer informatie over nationale en Europese goedkeuring van gasinstallaties

4.3 Vergelijking met ander onderzoek

De inzichten die zijn verkregen uit het onderzoek voor broeikasgasemissies zijn vergeleken met de inzichten uit de rapportage van de Joint Research Centre van de Europese Commissie, bestaande uit EUCAR, CONCAWE en JRC [10]. In deze rapportage uit 2007 worden de Well to Wheels emissies van broeikasgassen door voertuigen met verschillende brandstoftechnologieën met elkaar vergeleken. De uit dit onderzoek verkregen verschillen tussen broeikasgasemissies door LPG- en CNG-voertuigen ten opzichte van benzinevoertuigen zijn in lijn met de bevindingen die zijn beschreven in de rapportage van de Joint Research Centre [10].

De uit dit onderzoek verkregen inzichten op emissies van schadelijke stoffen zijn niet vergeleken met literatuur of vergelijkbare onderzoeken.

5 Conclusies en aanbevelingen

Voor dit onderzoek zijn emissies gemeten van 53 jonge voertuigen met een LPG- of CNG-installatie om inzicht te verkrijgen in de emissieprestaties van dit deel van de Nederlandse personenwagenvloot. Het onderzoek heeft geleid tot de volgende conclusies over emissieprestaties:

- LPG- en CNG-voertuigen met een retrofit gasinstallatie hebben gemiddeld een hogere NO_x-emissie dan voertuigen met een affabriek gasinstallatie of benzinevoertuigen. Circa de helft van voertuigen met retrofit gasinstallatie voldoet niet aan de typekeuringsnorm voor NO_x-emissie.

- In de praktijk ligt de NO_x-emissie van voertuigen met een retrofit gasinstallatie gemiddeld ook hoger dan de voor de typekeurcyclus vastgestelde NO_x-emissielimiet.

- Ondanks dat voertuigen met retrofit gasinstallatie de NO_x-emissielimiet gemiddeld overschrijden, hebben moderne LPG- en CNG-voertuigen in de praktijk een 3 tot 8 maal lagere NO_x-emissie dan vergelijkbare dieselvoertuigen met affabriek roetfilter.

- In vergelijking met benzinevoertuigen ligt de NO_2-emissie van LPG- en CNG-voertuigen op een gelijk zeer laag niveau. De NO_2-emissie van LPG- en CNG-voertuigen is minimaal een factor 10 lager dan vergelijkbare dieselvoertuigen met een affabriek roetfilter.

- Door toepassing van affabriek roetfilters is bij dieselvoertuigen de uitstoot van fijn stof zeer effectief teruggebracht. De fijn stof emissie van moderne LPG- en CNG-voertuigen is hierdoor op hetzelfde of soms zelfs op een hoger niveau komen te liggen dan die van dieselvoertuigen met affabriek roetfilter.

- LPG- en CNG-voertuigen hebben ten opzichte van benzinevoertuigen een gunstig effect op de emissie van broeikasgassen. De Tank to Wheels broeikasgasemissies zijn respectievelijk ca. 9% en 17% lager.

De onderzoeksresultaten en de hiermee verkregen inzichten leiden tot de volgende aanbevelingen:

- Er wordt aanbevolen te onderzoeken welk deel van de testvoertuigen met een retrofit systeem een toelating volgens ECE-R.115 heeft[4]. Wanneer blijkt dat de een meerderheid van de hoog emitterende voertuigen geen ECE-R.115 typegoedkeuring heeft, wordt aanbevolen om in de toekomst alleen voertuigen toe te laten / te stimuleren welke voldoen aan de ECE-R.115 typegoedkeuring.

[4] Er is door de RDW getracht te achterhalen welke voertuigen een toelating hebben volgens ECE-R.115, maar de G3-typekeurdossiers konden hier niet voldoende duidelijkheid over verschaffen.

- Er wordt aanbevolen in de toekomst de emissies van voertuigen met een retrofit gassysteem te blijven controleren. Het is mogelijk dat dit al sterk verbetert doordat steeds meer voertuigen volgens het ECE-R115 regime worden toegelaten[5].

[5] Er is nu geen ECE-R.115 toelatingseis

6 Referenties

[1] *"In-Use Compliance Programme Passenger Cars Annual Report 2005 & 2006"*, TNO Industrie en Techniek, Rapport nr.: MON-RPT-033-DTS-2007-00628, Delft, 15 mei 2007

"Trends in real-world CO2 emissions of passenger vehicles", TNO Industrie en Techniek, Rapport nr.: MON-RPT-033-DTS-2009-00830, Delft, 20 maart 2009

CO2 uitstoot van personenwagens in norm en praktijk – analyse van gegevens van zakelijke rijders", TNO Industrie en Techniek, Rapport nr.: MON-RPT-2010-00114, Delft, 19 januari 2010

[4] Richtlijn 70/220/EEG van de Europese Commissie van 20 maart 1970, http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?val=20844:cs&lang=en&list=20844:cs,20779:cs,&pos=1&page=1&nbl=2&pgs=10&hwords=

[5] United Nations, Addendum 82: Regulation No. 83 *"Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emissions of pollutants according to engine fuel requirements"*, inclusief laatste amendementen, http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r083r3e.pdf

[6] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), *"Fuel consumption and Emission Type Approval Values for Motor Vehicles with a National or EC Whole Vehicle Type approval"*, uitgaven 17, 18 en 19

[7] IPCC, "Fourth Assessment Report (AR4)", Working Group 1, 2007

[8] CAR II-model 2009, http://www.infomil.nl

[9] United Nations, Addendum 114: Regulation No. 115 *"Uniform provisions concerning the approval of: I. specific LPG retrofit systems to be installed in motor vehicles for the use of LPG in their propulsion system; II. specific CNG retrofit systems to be installed in motor vehicles for the use of CNG in their propulsion system"*, date of entry into force: 30 October 2003, inclusief laatste amendementen, http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs/r115e.pdf

[10] Joint Research Centre of the European Commission, "Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context", Version 2c, March 2007

[11] VROM, VW, *"Wijziging Regeling keuringsvoorschiften motorrijtuigen luchtverontreiniging"*, 26 februari 1997/Nr. MBG 97084948, Staatscourant 1997, nr. 47, 7 maart 1997

7 Ondertekening

Delft, 21 mei 2010 TNO Industrie en Techniek

A Overzicht van testvoertuigen

OEM BIFUEL CNG voertuigen

	Bouwjaar	KM-stand	Euro klasse
Citroën Berlingo	2007	30000	3
Citroën C3	2007	57000	4
Citroën C3	2009	975	4
Fiat Doblo Cargo 1.6 CNG	2005	104000	3
Fiat Multipla BIPOWER	2002	109600	3
Fiat Panda	2008	16104	4
Mercedes E 200 NGT	2005	257500	3
Volvo S60 BI-FUEL	2006	45200	4
Volvo V70 BI-FUEL	2007	160000	4
VW Passat Variant Flex	2009	41000	5a

OEM DEDICATED CNG voertuigen

	Bouwjaar	KM-stand	Euro klasse
Opel Combo-C VAN CNG	2007	13692	4
Opel Combo-C VAN CNG	2008	11300	4
Opel Zafira CNG	2008	30820	4
Opel Zafira CNG	2007	39000	4
Opel Zafira CNG	2008	10816	4
VW Caddy CNG	2008	96100	4
VW Caddy CNG	2008	48000	4

RETROFIT CNG voertuigen

	Bouwjaar	KM-stand	Euro klasse
Audi A6 sedan Multitronic	2009	48100	4
Ford Transit GZFA	2008	11035	4
Peugeot 207 1.4KFU	2007	61954	4
Peugeot Partner KFX	1998	136488	2
Renault Kangoo	2009	29048	4
Skoda Octavia Combi II	2008	94100	4
Skoda Superb	2007	63200	4
Toyota Yaris	2005	107400	4
Toyota Yaris	2005	92617	4
VW Caddy 1.6 BSE	2005	121700	4
VW Transporter 2.0AXA	2009	8000	4

OEM LPG BIFUEL voertuigen

	Bouwjaar	KM-stand	Euro klasse
Ford-CNG-technik Focus	2010	1560	4
VW Golf VI Bi-fuel	2009	6500	4

RETROFIT LPG voertuigen

	Bouwjaar	KM-stand	Euro klasse
Chevrolet Avalanche	2009	13000	4
Chevrolet Nubira	2007	43738	4
Chevrolet Tacuma	2007	33969	4
Citroen C3	2009	16500	4
Citroen C4 Picasso 1,8L	2008	46208	4
Citroen C4 Picasso 1.8L	2008	55317	4
Citroen C4 Picasso 2.0L	2007	122554	4
Citroen Xsara Picasso	2008	31000	4
Dacia Logan	2008	41000	4
Kia Carens	2008	75050	4
Kia Sportage	2008	23000	4
Mitsubishi Lancer Wagon	2008	22700	4
Mitsubishi Outlander 2.0MPI	2008	45896	4
Mitsubishi Outlander 2.0MPI	2007	40784	4
Opel Zafira	2007	84000	4
Peugeot 308 SW	2009	46800	4
Renault Kangoo	2008	30000	4
Renault Megane	2007	91764	4
Renault Megane Scenic	2008	49000	4
Seat Leon	2009	31900	4
Skoda Octavia	2008	39000	4
Toyota Tundra	2007	41274	4
Volvo V70	2007	108000	4

B Europese en nationale typekeuring van gasinstallaties

De voertuigen die in Nederland met een LPG- of CNG-gasinstallatie rondrijden zijn voor wat betreft eisen die zijn gesteld aan emissies te onderscheiden in de volgende typen:

- systemen met een G3-goedkeuring (al dan niet in combinatie met een goedkeuring op basis van Europees Reglement ECE-R.115);
- systemen met een G2-goedkeuring;
- systemen met een goedkeuring op basis van Europees Reglement ECE-R.115;
- systemen die niet voldoen aan enige emissieeisen, behalve de eisen die worden gesteld aan de jaarlijkse keuring (APK).

Zowel voor affabriek als voor retrofit gasinstallaties zijn er op Europees niveau eisen gesteld aan de emissieprestaties en de inbouwkwaliteit (veiligheid). De emissieprestaties van de meerderheid van de huidige retrofit gassystemen wordt gecontroleerd op basis van Europees Reglement ECE-R.115 [9], dat specifiek is opgesteld voor het garanderen van emissieprestaties van retrofit gasinstallaties. Hierin is vastgelegd dat de emissieprestaties van het gassysteem van één of twee moedervoertuigen moeten voldoen aan het voor het specifieke voertuig geldende emissielimieten, en dat de emissies niet meer dan een bepaald percentage boven de emissies van het moedervoertuig mogen liggen. Op basis van deze voorwaarden mag een gasinstallatieleverancier een volgens het Reglement gedefinieerde voertuigfamilie (afhankelijk van vermogen per cilinder en Euroklasse) uitrusten met een retrofit gasinstallatie. Hiermee is onder andere vastgelegd dat voor iedere Euroklasse opnieuw een goedkeuring moet worden behaald.

In Nederland wordt ook gebruik gemaakt van de nationale G3-regeling [11] voor retrofit gasinstallaties. Om in aanmerking te komen voor deze regeling moeten naast o.a. een aantal inbouweisen t.a.v. de gasinstallatie, de emissies van een voertuig dat rijdt op gasvormige brandstof voldoen aan de Euro-2 emissienorm minus 30%. De eigenaar van een voertuig met een zogenaamde G3-installatie krijgt een aanzienlijke jaarlijkse korting op de houderschapsbelasting. Als is aangetoond dat één voertuig van een bepaald merk voldoet aan de emissie-eisen voor de G3-regeling, mogen alle voertuigen van dat merk voorzien worden van het goedgekeurde type gasinstallatie van de betreffende systeemleverancier. Alle voertuigen van een bepaald merk vallen dus samen in een familiekeur. De familiedefinitie volgens de G3-regeling is dus ruimer dan de familiedefinitie volgens Europees Reglement ECE-R.115.

Hierbij moet nog aangemerkt worden dat het mogelijk is om via een “multibrand” gedeeld voertuigmodel (bijvoorbeeld de Citroen C1, Peugeot 107 en Toyota Aygo) via een G3-goedkeuring een familiekeur te krijgen voor meerdere voertuigmerken. De “levensduur” van een G3-goedkeuring is onbeperkt en enkel gekoppeld aan een bepaald type gasinstallatie en een voertuigmerk. Dit betekent dat bijvoorbeeld een in 1998 behaalde G3 goedkeuring in 2010 nog steeds gebruikt mag worden om voertuigen te voorzien van het gassysteem waarmee in 1998 de goedkeuring behaald is. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de gemiddelde levenscyclus van een LPG systeem zo’n 5 jaar is. Als een systeemfabrikant een nieuw type LPG systeem op de markt brengt, zal voor dat nieuwe systeem aangetoond moeten worden dat dit in staat is om minimaal dezelfde emissie-eisen te halen als het voorgaande systeem.

Tot de introductie van het Europees Reglement ECE-R.115 voor retrofit gassystemen in 2003 [9], werden keuringen via de G3-regeling op grote schaal uitgevoerd en voldeden retrofit gasinstallaties dus (minimaal) aan de Euro-2 emissienorm minus 30%. Na de introductie van het Europese Reglement ECE-R.115 is de realiteit dat gasinstallatieleveranciers voor de meerderheid van hun systemen eerst een Europese typekeuring behalen, vanwege het feit dat daarmee de verkoop van de volgens deze norm gekeurde systemen op een veel grotere markt mogelijk is. Met name verkoop van systemen in Duitsland is een drijvende factor geweest achter het keuren volgens ECE-R.115. Hierdoor zijn de emissies van de retrofit gasinstallaties gewaarborgd op het niveau van de voor het voertuig geldende emissielimiet. Met de emissietestgegevens van de goedkeuring volgens het Europees Reglement ECE-R.115 is ook een G3-goedkeuring aan te vragen zodat de voertuigen ook onder de G3-regeling vallen. Hiermee zijn de emissies van de meerderheid van de huidige generatie voertuigen met een G3-installatie gewaarborgd tijdens de typekeuring op niveau van de voor het voertuig geldende limieten.

Een uitzondering op deze werkwijze vormen de zogenaamde “universele” systemen die door een aantal systeemleveranciers op de markt gebracht worden. Deze systemen zijn universeel in te bouwen in een willekeurig voertuig, waarna het inbouwstation het motormanagement van het gassysteem programmeert. De "universele" systemen worden geleverd met o.a. een universele inbouwhandleiding en een merkspecifieke G3-verklaring van de gasinstallatie leverancier. Deze systemen worden vaak onder een “oude” G3 goedkeuring van het merk waarin het systeem ingebouwd gaat worden verkocht, waardoor er geen sluitend bewijs is dat deze systemen ook echt aan de gestelde emissie-eisen voldoen.

Voor affabriek CNG installaties geldt dat de meerderheid van de systemen is meenomen als onderdeel van de Europese voertuigtypekeuring. Dit betekent dat de emissieprestaties van het voertuig met de gasinstallatie zijn vastgelegd in de typekeuring van het voertuig. Er is echter ook een aantal voertuigen met een affabriek systeem waarbij de gasinstallatie door een aan de fabrikant gelieerde firma zeer kort na productie wordt ingebouwd onder verantwoording van de voertuigproducent. In dit geval worden de emissies vaak gecontroleerd op basis van het Europese Reglement ECE-R.115 voor retrofit gasinstallaties. In feite zijn dit soort affabriek systemen dus retrofit gemonteerd onder de verantwoording van de voertuigfabrikant. Deze constructie komt zowel bij LPG als bij CNG voor en worden toch “affabriek” systemen genoemd.